4种诱食剂对杂交鳢生长和血清生化指标的影响[1]

郑　晶[1]　蒋　余[1]　吴晓清[2]　杨林英[1]　陈效儒[3]　林仕梅[1*]

（1. 西南大学动物科技学院，淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室，水产科学重庆市市级重点实验室，重庆 400715；2.重庆市水产技术推广站，重庆 401147；3.通威股份有限公司，成都 610041)

摘　要：为评价鱼溶浆、酵母膏、二甲基-β-丙酸噻亭（DMPT）和复合诱食剂对杂交鳢的诱食效果，配制了1种基础饲料（对照组），以及在基础饲料中分别添加2.0%鱼溶浆、2.0%酵母膏、0.1%DMPT 和 0.1%复合诱食剂的 4 种试验饲料，饲喂初始均重（17.30±0.03） g 的杂交鳢8周。5种饲料等氮等能（粗蛋白质42%，总能18 MJ/kg）。结果显示：添加诱食剂组杂交鳢的终末均重（FABW）、增重率（WGR）和特定生长率（SGR）显著高于对照组（P<0.05），而酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的 FABW、WGR、SGR 和摄食率（FI）显著高于鱼溶浆组和 DMPT 组（P<0.05）。各组蛋白质效率（PER）和饲料系数（FCR）无显著差异（P>0.05）。同对照组相比，鱼溶浆组、酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的肝体比（HSI）降低（P<0.05），脾体比（SSI）显著升高（P<0.05）。而复合诱食剂组杂交鳢的脏体比（VSI）显著低于其他各组（P<0.05）。与对照组相比，鱼溶浆组、酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的血清胆固醇（CHO）、丙二醛（MDA）含量显著降低（P<0.05），血清总蛋白（TP）含量及超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）活性显著升高（P<0.05）。各组血清甘油三酯(TG)、球蛋白(GLOB)含量及碱性磷酸酶(ALP)活性无显著差异(P>0.05)。由此可见，饲料中添加可以提高杂交鳢的摄食量，降低血脂水平，同时提高鱼体免疫力和抗氧化能力，进而促进其生长，以酵母膏和复合诱食剂的效果较佳。

关键词：诱食剂；杂交鳢；生长；抗氧化能力；血清生化指标

中图分类号：S963　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

杂交鳢(*Channa* spp.)因其生长速度快、经济价值高而成为世界上快速发展的重要淡水水产养殖品种[1]。近年来，我国杂交鳢养殖产业发展迅猛，年产量在20万t左右。由于杂交鳢

收稿日期：2016-05-05

基金项目：重庆市现代特色效益农业产业技术体系（2015-91）；重庆市特色效益水产业关键技术集成示范项目(40808513)；通威股份产学研项目（2014099）

作者简介：郑　晶

*通信作者：林仕梅，副教授，硕士生导师，E-mail: linsm198@163.com

缺乏可靠的营养与饲料参数，加之鱼粉资源短缺，养殖效益下滑，致使植物蛋白质的大量使用，导致杂交鳢饲料适口性差，在养殖实践中出现吐料现象。饲料中植物蛋白质的大量使用会降低饲料的适口性，进而影响鱼类的摄食量，从而影响其正常的生长[2]。如何提高水产动物对饲料的摄食量是动物营养学家长期面临的难题，也是提高动物对植物蛋白质利用的一个重要途径[2]。目前，饲料生产企业通常采用添加外源性诱食剂来提高水产动物的摄食量。研究证实，饲料中添加诱食剂可以改善饲料的适口性[2]。氨基酸[2]、甜菜碱[2]、核苷酸[2]、鱼溶浆[3]、酵母膏[4]、二甲基-β-丙酸噻亭（DMPT）[5]和牛磺酸[6]等通常被认为是行之有效的鱼虾类诱食剂。但也有研究认为，单一诱食剂的诱食效果不如复合诱食剂[7-8]。有关改善杂交鳢饲料适口性的研究较少[9]，而现实生产中又急需解决杂交鳢摄食量的问题。因此，本试验在对单一诱食剂进行迷宫诱食筛选试验的基础上，进一步对 4 种作用效果较好的诱食剂进行杂交鳢的生长试验，以期为杂交鳢的养殖生产和饲料配制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以鱼粉、豆粕、棉籽蛋白和菜籽粕作为蛋白质源配制基础饲料（表 1），然后在基础饲料中分别添加 2.0%鱼溶浆、2.0%酵母膏、0.1%DMPT 和 0.1%复合诱食剂配制成 4 种试验饲料，其中复合诱食剂由酵母核苷酸、牛磺酸、甜菜碱和氨基酸组成。5 种饲料等氮等能（粗蛋白质 42%，总能 18 MJ/kg）。所有饲料原料粉碎后过 245 μm 筛，采取逐级扩大法混合均匀，用洋工 TSE65S 型双螺杆湿法膨化机（北京现代洋工机械科技发展有限公司）制成粒径为 3.0 mm 的膨化颗粒饲料，自然干燥，4 ℃冰箱中保存备用。

表 1 基础饲料组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis). %

项目 Items	
原料 Ingredients	
进口蒸汽鱼粉 Imported steam fish meal (CP 67%)	30.0
去皮豆粕 Dehulled soybean meal (CP 47.5%)	17.8

棉籽蛋白 Cottonseed protein (CP 50%)	17.8
加拿大菜籽粕 Canadian rapeseed meal (CP 36%)	8.9
高筋面粉 Strong flour	17.5
鱼油 Menhaden fish oil	3.0
豆油 Soybean oil	1.0
胆碱 Choline	0.2
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	1.0
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	2.0
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2$	0.8
合计 Total	100.0
粗蛋白质 CP	42.3
粗脂肪 EE	8.4
粗灰分 Ash	10.2

[1)] 维生素预混料为每千克饲料提供 Vitamin premix provided the following per kg of the diet:VA 18 mg,VD_3 5 mg,VE 150 mg,VC（35%）500 mg,VB_1 16 mg,VB_6 20 mg,VB_{12} 6 mg,VK_3 18 mg,核黄素 riboflavin 40 mg,肌醇 inositol 320 mg,泛酸钙 calcium pantothenate 60 mg,烟酰胺 niacinamide 80 mg,叶酸 folic acid 5 mg,生物素 biotin 2 mg,乙氧基喹啉 ethoxyquin 100 mg。

[2)]矿物质预混料为每千克饲料提供 Mineral premix provided the following per kg of the diet:Na 30 mg,K 50 mg,Mg 100 mg,Cu 4 mg,Fe 25 mg,Zn 35 mg,Mn 12 mg,I 1.6 mg,Se 0.2 mg,Co 0.8 mg.

1.2 试验动物与饲养管理

试验用杂交鳢（杂交鳢×斑鳢）购自重庆永川区鱼种场，驯食适应环境 10 d 后，取健康、规格整齐、初始均重为（17.30±0.03） g 的杂交鳢 450 尾，随机分成 5 个组，每个组设 3 个重复，每个重复 30 尾鱼。对照组饲喂基础饲料，其他 4 组随机饲喂 1 种添加了诱食剂的试

验饲料。杂交鳢在室内淡水循环水族缸（有效容积为 300L）中饲养 8 周，日投饵量为鱼体重的 3%～5%，每天 08:30、13:30 和 18:30 各投喂 1 次。试验期间水温为 26～29 ℃，溶解氧浓度 7～8 mg/L，氨氮浓度<0.48 mg/L，亚硝酸盐氮浓度<0.07 mg/L，pH 为 7.2～7.6。

1.3 样品采集与指标测定

饲养试验结束，禁食 24 h 后以重复为单位称重计数。每个重复随机取 4 尾鱼，用 MS-222 麻醉后，称重后分离出内脏、肝脏、脾脏，并分别称重；每个重复另随机取 4 尾鱼于尾静脉取血，于 4℃条件下 3 000×*g* 离心 10 min，收集血清，-20 ℃保存备用。

杂交鳢的摄食、生长和形态学指标参照以下公式计算：

增重率（WGR,%）$=100\times(W_{末}-W_{始})/W_{始}$；

特定生长率（SGR,%/d）$=100\times(\ln W_{末}-\ln W_{始})/t$；

摄食率（FI,g/d）$=W_f\times2/[(N_{末}+N_{始})\times t]$；

蛋白质效率（PER,%）$=(W_{末}-W_{始})/(W_f\times W_p)$；

饲料系数（FCR）$=W_f/(W_{末}-W_{始})$；

成活率（SR,%）$=100\times N_{末}/N_{始}$；

脏体比（VSI,%）$=100\times W_{内}/W$；

肝体比（HSI,%）$=100\times W_{肝}/W$；

脾体比（SSI,%）$=100\times W_{脾}/W$。

式中：t 为饲养天数（d）；$N_{始}$为初始尾数（尾）；$N_{末}$为终末尾数（尾）；W_p 为饲料的粗蛋白质含量（%）；W_f 为总摄食饲料的干重（g）；$W_{末}$为终末均重（g）；$W_{始}$为初始均重（g）；$W_{内}$为内脏重(g)；$W_{肝}$为肝脏重(g)；$W_{脾}$为脾脏重(g)；W 为体重(g)。

采用全自动生化分析仪（日立 7 100）测定血清中超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、碱性磷酸酶（ALP）活性以及胆固醇（CHO）、甘油三酯（TG）、总蛋白（TP）、球蛋白（GLOB）、丙二醛（MDA）含量。

1.4 数据处理与分析

采用 SPSS 23.0 软件对所得数据进行单因素方差分析（one-way ANOVA），若差异显著（$P<0.05$），再进行 Tukey's 多重比较。除成活率外，数据均以平均值±标准误表示。

2 结 果

2.1 杂交鳢的摄食和生长性能指标

由表 2 可知，饲料中添加诱食剂的杂交鳢的终末均重、WGR、SGR 显著高于对照组（*P*<0.05），而酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的终末均重、WGR、SGR 和 FI 显著高于鱼溶浆组和 DMPT 组（*P*<0.05）。各组 PER 和 FCR 无显著差异（*P*>0.05）。试验期间，各组杂交鳢的成活率均为 100%。

表 2　杂交鳢的摄食和生长性能指标

Table 2　Feed intake and growth performance indices of hybrid snakehead

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	鱼溶浆 Fish soluble	酵母膏 Yeast extract	二甲基-β-丙酸噻亭 DMPT	复合诱食剂 Compound feeding attractant
初始均重 IABW/g	17.31±0.03	17.27±0.01	17.35±0.01	17.30±0.05	17.30±0.04
终末均重 FABW/g	37.27±0.29^{a}	39.81±0.18^{b}	48.73±0.37^{c}	42.05±1.29^{b}	49.92±0.17^{c}
增重率 WGR/%	115.33±1.45^{a}	130.33±1.20^{b}	181.00±2.08^{c}	143.33±8.19^{b}	188.67±0.88^{c}
特定生长率 SGR/(%/d)	1.37±0.01^{a}	1.49±0.01^{b}	1.84±0.01^{c}	1.58±0.06^{b}	1.89±0.01^{c}
摄食率 FI/(g/d)	1.66±0.17^{a}	1.74±0.01^{a}	2.14±0.05^{b}	1.85 ±0.08^{a}	2.22±0.04^{b}
蛋白质效率 PER/%	1.87±0.01	1.93±0.01	1.89±0.05	1.91±0.03	1.86±0.04
饲料系数 FCR	1.27±0.01	1.23±0.01	1.26±0.04	1.25±0.02	1.28±0.03
成活率 SR/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2 杂交鳢的形态学指标

由表 3 可知，与对照组相比，鱼溶浆组、酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的 HSI 显著降低（$P<0.05$），SSI 显著升高（$P<0.05$），而 DMPT 组杂交鳢的 VSI 和 SSI 与对照组无显著差异（$P>0.05$）。复合诱食剂组杂交鳢的 VSI 最低，显著低于其他各组（$P<0.05$）。

表 3 杂交鳢的形态学指标

Table 3 Morphology indices of hybrid snakehead %

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	鱼溶浆 Fish soluble	酵母膏 Yeast extract	二甲基-β-丙酸噻亭 DMPT	复合诱食剂 Compound feeding attractant
脏体比 VSI	7.56±0.25^{b}	7.49±0.14^{b}	7.46±0.19^{b}	7.53±0.24^{b}	6.45±0.05^{a}
肝体比 HSI	1.95±0.01^{b}	1.76±0.04^{a}	1.78±0.02^{a}	1.93±0.06^{b}	1.72±0.01^{a}
脾体比 SSI	0.152±0.005^{a}	0.173±0.003^{b}	0.171±0.005^{b}	0.166±0.004^{ab}	0.170±0.003^{b}

2.3 杂交鳢的血清生化指标

由表 4 可知，与对照组相比，鱼溶浆组、酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的血清 CHO 含量显著降低（$P<0.05$），血清 TP 含量显著升高（$P<0.05$）。鱼溶浆组、酵母膏组和复合诱食剂组杂交鳢的血清 MDA 含量显著低于对照组（$P<0.05$），而血清 SOD、CAT 活性则显著高于对照组($P<0.05$)。各组杂交鳢血清 TG、GLOB 含量和 ALP 活性无显著差异($P>0.05$)。

表 4 杂交鳢的血清生化指标

Table 4 Serum biochemical indices of hybrid snakehead

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	鱼溶浆 Fish soluble	酵母膏 Yeast extract	二甲基-β-丙酸噻亭 DMPT	复合诱食剂 Compound feeding attractant
胆固醇 CHO/(mmol/L)	2.88±0.08^{b}	2.59±0.09^{a}	2.51±0.02^{a}	2.82±0.03^{b}	2.61±0.06^{a}
甘油三酯	0.07±0.01	0.07±0.01	0.07±0.02	0.08±0.01	0.07±0.02

TG/(mmol/L)					
总蛋白 TP/(mmol/L)	28.50±0.69[a]	31.23±0.49[b]	31.70±0.38[b]	30.20±0.46[ab]	31.40±0.44[b]
球蛋白 GLOB/(mmol/L)	17.63±0.52	20.17±0.93	20.23±0.43	20.27±0.45	20.10±0.29
碱性磷酸酶 ALP/(mmol/L)	9.97 ±0.27	12.43 ±0.71	11.97 ±0.91	10.30 ±0.53	11.77 ±0.55
丙二醛 MDA/(mmol/L)	4.41±0.15[b]	3.53±0.15[a]	3.48±0.10[a]	4.58±0.28[b]	3.21±0.10[a]
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	0.43±0.02[a]	0.59±0.02[b]	0.56±0.04[b]	0.55±0.02[b]	0.55±0.02[b]
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	0.26±0.04[a]	0.47±0.04[b]	0.46±0.02[b]	0.36±0.04[ab]	0.45±0.04[b]

3 讨 论

本试验结果表明，饲料中添加外源性诱食剂能够促进杂交鳢的生长，这与在其他鱼[8-10]、虾[11-12]上的研究结果一致。从本试验结果来看，酵母膏和复合诱食剂的作用效果最佳。已有的研究也证明，酵母膏对异育银鲫[4]、凡纳滨对虾[12]有较好的诱食效果。不同的动物对不同的促摄食物质的反应敏感程度不同。同样是甜菜碱，被证明对多佛鳎鱼[13]有显著的诱食效果，而牙鲆[6]和大口黑鲈[14]对其不敏感。同一浓度的不同氨基酸，对黄鳝的促摄引诱作用不同[15]。甚至同一类鱼对同样来源的诱食物质反应有相同性也有差异性，如红大马哈鱼(*Oncorhynchus nerka*)对脯氨酸的味觉、电生理反应都很强烈，但对丙氨酸的反应强度就有所不同[16]。另外，红大马哈鱼还对苯丙氨酸、亮氨酸和甜菜碱反应强烈，而其他几种鱼却没有反应[16]。此外，在研究中发现，鱼虾类对于大多数动物提取物的反应是基于多种小分子物质的复合反应，而很少只对其中的 1 种或 2 种物质敏感[7]。这可能是目前生产中使用单一诱食剂的效果不及复合诱食剂的原因，因为单一诱食剂往往只对鱼类形成单一的刺激，而未形成强烈的综合诱食刺激[8]。本试验结果也支持这一说法。在牙鲆[8]、条纹鲈[10]和黄鳝[15]上同样发现，复合诱食剂各组分可以协同增效，弥补单一诱食剂成分的缺陷。研究指出，氨基酸可以增强肌苷-5´-单磷酸盐（IMP）对黄狮鱼稚鱼的促摄食作用[17]。这些研究结果表明，

不同鱼类具有不同的摄食习性，对诱食剂种类和诱食活性成分含量的需求不同，甚至同种鱼也有可能对不同的化合物感兴趣。

采食量通常是评价饲料适口性好坏的一个有效指标。通过长期摄食生长试验来评定促摄食物质的效果是一种更为有效的研究方法。本试验结果显示，饲料中添加酵母膏和复合诱食剂能够显著促进杂交鳢的摄食，且不影响饲料效率，并能促进生长，这表明促进摄食是促进杂交鳢生长的有效途径。在牙鲆[6]、条纹鲈[10]、黄鳝[15]和异育银鲫[18]上同样证实，饲料中添加诱食剂可以提高鱼类的摄食量，进而促进其生长。鱼类摄食行为及其对饲料（包括天然饵料）的嗜好性是一个相当复杂的问题，它有着各种内、外因素的相互深刻的关联，因此，要探明鱼类的摄食机制并非易事。

本试验结果表明，饲料中添加外源性诱食剂能降低杂交鳢血清 CHO 含量，其中以酵母膏和复合诱食剂的作用效果最为显著。而在凡纳滨对虾[11]的研究中发现，诱食剂可以增加血清 CHO 和 TG 含量，且肝脏机能良好。这些研究结果的差异可能与动物的种类或试验目的不同有关。通常底层鱼类在体腔或内脏组织中储存脂肪，而上层鱼类把脂肪储存在肌肉中[19]。本试验中除 DMPT 外，其余诱食剂均可显著降低杂交鳢的 HSI，且复合诱食剂还可以显著降低杂交鳢的 VSI。这表明诱食剂可以改善脂肪在杂交鳢内脏组织中的附着和沉积，有利于提高鱼体机能，与以前在杂交鳢[9]上的研究结果一致。

血液中的许多生化指标可反映动物机体的生理状况[20]。血清 TP 含量的高低能反映动物的免疫应激状态，胁迫和疾病等应激因素均可以导致鱼类血浆 TP 含量降低[21-22]。脾脏在机体的免疫中也发挥重要作用，通常 SSI 可直观地反映鱼体的免疫机能[23]。本试验结果表明，饲料中添加诱食剂能够显著提高杂交鳢血清 TP 含量和 SSI，酵母膏的作用效果最为显著，表明外源性诱食剂可以增强杂交鳢机体的免疫能力。这种免疫能力的提高可能与酵母膏中含有的 β-葡聚糖和甘露寡糖有关。研究证实，在饲料中添加 β-葡聚糖和甘露寡糖可以增强水产动物的抗病力和免疫力[24-25]。

血清中酶绝大部分来自动物的各种组织器官，其活性高低能够反映机体代谢和物质转化的状况[26]。SOD 能清除生物氧化过程中产生的超氧阴离子自由基，在清除超氧阴离子自由基的同时生成的过氧化氢（H_2O_2）又可被 CAT 清除生成水（H_2O）和氧气（O_2）[27]。MDA 是脂肪酸过氧化产物之一，其含量的多寡可反映机体内脂质过氧化的程度[28]。本试验结果

显示，饲料中添加外源性诱食剂能提高杂交鳢血清中 SOD 和 CAT 活性，降低 MDA 含量，表明诱食剂可以显著改善机体的抗氧化能力。有关诱食剂对鱼体抗氧化能力影响方面的研究资料较为匮乏，其作用机制还有待深入研究。

4 结 论

饲料中添加可以提高杂交鳢的摄食量，降低血脂水平，同时提高机体的免疫力和抗氧化能力，进而促进其生长，以酵母膏和复合诱食剂的效果较佳。

参考文献：

[1] GHAEDI A,KABIR M A,HASHIM R.Effect of lipid levels on the reproductive performance of Snakehead murrel,*Channa striatus*[J].Aquaculture Research,2016,47(3):983–991.

[2] NRC.Nutrient requirements of fish and shrimp[S].Washington,D.C.:National Academy Press,2011.

[3] 罗其刚,叶元土,蔡春芳,等.日粮中添加鱼溶浆粉和鱼油对草鱼生长、肝脏脂肪含量和血清理化指标的影响[J].水产学报,2015,39(6):888–898.

[4] 陈国凤,龚宏伟,施陈江,等.酵母膏对异育银鲫生长和抗应激能力的影响[J].饲料工业,2009,30(18):22–25.

[5] NAKAJIMA K.Effects of diet-supplemented dimethyl-β-propiothetin on growth and thrust power of goldfish,carp and red sea bream[J].Nippon Suisan Gakkashi,1991,57(4):673–679.

[6] KIM S K,TAKEUCHI T,YOKOYAMA M,et al.Effect of dietary taurine levels on growth and feeding behavior of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J].Aquaculture,2005,250(3/4):765–774.

[7] HARA T J.Fish chemoreception[M].London:Chapman & Hall,1992.

[8] 陈京华,张文兵,麦康森,等.复合诱食剂对牙鲆摄食生长的影响[J].中国水产科学,2006,13(6):959–965.

[9] 周萌,朱旺明,汪福保,等.饲料中添加乌贼膏和酵母膏对生鱼生长性能和肠道健康的影响[J].饲料工业,2012,33(14):27–31.

[10] PAPATRYPHON E,SOARES J H,Jr.Optimizing the levels of feeding stimulants for use in high-fish meal and plant feedstuff-based diets for striped bass,*Morone* saxatilis[J].Aquaculture,2001,202(3/4):279–288.

[11] 胡俊茹,曹俊明,黄燕华,等.几种诱食剂对凡纳滨对虾生长、血清生化指标和肝胰腺消化酶的影响[J].淡水渔业,2010,40(2):30–35.

[12] 王广军,朱旺明,谭永刚,等.酵母核苷酸对凡纳滨对虾生长、免疫以及抗应激影响的研究[J].饲料工业,2006,27(8):30–32.

[13] MACKIE A M,MITCHELL A I.Further studies on the chemical control of feeding behaviour in the dover sole,*Solea solea*[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part A:Physiology,1982,73(1):89–93.

[14] KUBITZA F,LOVSHIN L L,LOVELL R T.Identification of feed enhancers for juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*[J].Aquaculture,1997,148(2/3):191–200.

[15] 杨代勤,严安生,陈芳.几种氨基酸及香味物质对黄鳝诱食活性的初步研究[J].水生生物学报,2002,26(2):205–208.

[16] HARA T J,KITADA Y,EVANS R E.Distribution patterns of palatal taste buds and their responses to amino acids in salmonids[J].Journal of Fish Biology,1994,45(3):453–465.

[17] TAKEDA M,TAKII K,MATSUI K.Identification of feeding stimulants for juvenile eel[J].Nippon Suisan Gakkaishi,1984,50(4):645–651.

[18] XUE M,CUI Y B.Effect of several feeding stimulants on diet preference by juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*),fed diets with or without partial replacement of fish meal by meat and bone meal[J].Aquaculture,2001,198(3/4):281–292.

[19] GUIL-GUERRERO J L,VENEGAS-VENEGAS E,RINCÓN-CERVERA M Á,et al.Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species[J].Journal of Food Composition and Analysis,2011,24(2):217–222.

[20] 畅雅萍,徐奇友,王常安,等.几种诱食剂对施氏鲟(*Acipenser schrencki*)生长性能、体成分和血液生化指标的影响[J].水产学杂志,2009,22(3):23–27,46.

[21] MAGNADÓTTIR B,CRISPIN M,ROYLE L,et al.The carbohydrate moiety of serum IgM from Atlantic cod (*Gadus morhua* L.)[J].Fish & Shellfish Immunology,2002,12(3):209–227.

[22] 胡一鸿,牛健康.超氧化物歧化酶研究进展[J].生物学教学,2005,30(1):2–4.

[23] 覃希,黄凯,程远,等.维生素 E 和硒对吉富罗非鱼生殖激素及免疫功能的影响[J].饲料工业,2013,34(24):10–15.

[24] TROSVIK K A,WEBSTER C D,THOMPSON K R,et al.Effects on growth performance and body composition in Nile tilapia,*Oreochromis niloticus*,fry fed organic diets containing yeast extract and soyabean meal as a total replacement of fish meal without amino acid supplementation[J].Biological Agriculture & Horticulture,2013,29(3):173–185.

[25] KUMARI J,SAHOO P K.Dietary β-1,3 glucan potentiates innate immunity and disease resistance of Asian catfish,*Clarias batrachus* (L.)[J].Journal of Fish Diseases,2006,29(2):95–101

[26] 陈超,施兆鸿,薛宝贵,等.低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼血清生化指标的影响[J].水产学报,2012,36(8):1249–1256.

[27] 李赫,宋文华,于翔,等.几种免疫增强剂对草鱼 SOD、CAT 及 AKP 活性的影响[J].水产学杂志,2010,23(4):6–9.

[28] 吴红松.三聚氰胺对鲤鱼组织 SOD、POD 和 MDA 含量的影响[J].动物医学进展,2012,33(5):74–77.

Effects of Four Feeding Attractants on Growth and Serum Biochemical Indices of Hybrid Snakehead

ZHENG Jing[1] JIANG Yu[1] WU Xiaoqing[2] YANG Linying[1] CHEN Xiaoru[3] LIN Shimei[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology Southwest University, Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Southwest University), Ministry of Education , Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Chongqing* 400715; 2. *Fisheries Technology Extension Station of Chongqing, Chongqing* 401147, *China*; 3. *Tongwei Co., Ltd., Chengdu* 610041, *China*)

Abstract: To evaluate the attractant effect of fish soluble, yeast extract, dimethyl-β-propiothetin (DMPT) and compound feeding attractant on hybrid snakehead, five isonitrogenous and isoenergetic diets (crude protein 42%, gross energy 18 MJ/kg) were formulated based on a basal diet (control group) by adding 2.0% fish soluble, 2.0% yeast extract, 0.1% DMPT and 0.1% compound feeding attractant, respectively, to feed the fish with the initial average body weight of (17.30±0.03) g for eight weeks. The results showed that fish fed diets with attractants presented significantly higher final average body weight (FABW), weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) than that of the control group ($P<0.05$). Fish of yeast extract and compound feeding attractant groups showed higher FABW, WGR, SGR and feed intake (FI) than that of fish soluble and DMPT groups ($P<0.05$). No significant differences in protein efficiency ratio (PER) and feed conversion ratio (FCR) were observed among all groups ($P>0.05$). Compared with the control group, fish of fish soluble, yeast extract and compound feeding attractant groups exhibited significantly lower hepatosomatic index (HSI) and significantly higher spleensomatic index （SSI） ($P<0.05$). Viscerasomatic (VSI) of compound feeding attractant was significantly lower than that of other groups ($P<0.05$). No significant differences in serum triglyceride (TG), globulin (GLOB) contents and alkaline phosphatase (ALP) activity were observed among all groups ($P>0.05$). The results suggest that diets with feeding attractants can improve the feed intake decrease the serum lipid level, and enhance the immunity and antioxidant ability of hybrid snakehead, thus promote the growth.

Key words: feeding attractants; hybrid snakehead; growth; antioxidant ability; serum biochemical indices